

DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE ÖNEMLİ ELEKTRİK ÇÖKÜNTÜLERİ

Sezai POLAT¹, Hacer ŞEKERCİ²

¹ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik – Elektronik Mühendisliği A.B.D.

Yaşar Üniversitesi

sezaipolat@gmail.com

² Mühendislik Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü

Yaşar Üniversitesi

hacer.sekerici@yasar.edu.tr

ÖZET

Enerji günümüz hayatının ayrılmaz bir parçası olup, enerjinin kullanılmadığı sektör hemen hemen hiç kalmamıştır. Bu sebeple iletimi ve dağıtımı en kolay, esnek ve ekonomik olan elektrik enerjisi en uzak noktalara bile kolayca taşınmış ve her alanda günlük hayatın içerisinde yer almıştır. Özellikle son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesiyle elektrik enerjisine olan gereksinin daha da artmış ve günlük yaşamda elektrik enerjisinin kullanılmadığı bir an bulunmaz hale gelmiştir. Dolayısıyla elektrik enerjisinin temin, sürekliliği ve güvenilirliği oldukça önem arz etmiştir. Elektrik iletim ve dağıtım sistemi tasarlanırken oluşabilecek risklerle karşı en az elektrik kesintisi oluşacak şekilde ekonomikliğin de göz önünde bulundurularak tasarlanır ve buna göre güvenlik ve koruma önlemleri alınmaktadır. Ancak zaman zaman alınan tüm önlemlere rağmen gerek ekipman gerek insan gerekse hava koşulları gibi sebeplerden elektrik kesintileri yaşanmakta ve günlük yaşamı olumsuz etkilemekte hatta durma noktasına getirmektedir. Bu çalışmada dünya çapında ve ülkemizde yaşanan büyük elektrik çöküntüleri sebepleri, ekonomik ve sosyal sonuçları incelenmiştir.

1. GİRİŞ

Kesinti kullanıcılara olan enerji temininin İngiltere’de 3 dakika, İsveç’te 1 dakika, Amerika’da ise 5 dakikadan fazla olması durumu olarak adlandırılır. Bu sebeple kesintinin tanımı kesin olmayıp ülkelere göre farklılık gösterebilmektedir[1]. Kesintiler kısa süreli ve uzun süreli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yapılan bu çalışmada genel olarak etkisi daha büyük ve maliyetli olan uzun süreli kesintiler ele alınmıştır.

Bu hatalar birbirlerini tetikleyerek zincirleme etki şeklinde ortaya çıkarak büyük kesintilere sebep olmaktadır. Bu hata tipleri Tablo-1’de kategorilere ayrılmıştır. Elektrik kesintilerin sebepleri ve buna bağlı etkenlerin biririne olan ilişkilerinin yer aldığı olası potansiyeller Şekil-1 de yer almaktadır. Şekil-1’de günlük yaşamda yer alan mevsim değişiminden, ekonomiye, büyümeden teknik arızaya kadar olan unsurların birbiri ve kesinti ile olan ilişkileri gösterilmiştir.

2. ÇÖKÜNTÜNÜN SEBEPLERİ

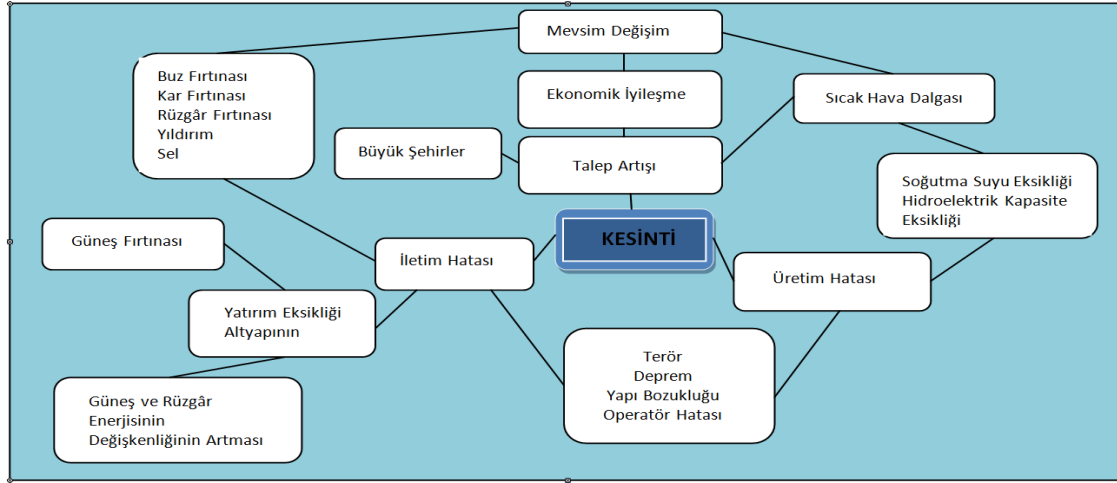
Elektrik kesintilerine birçok istenmeyen röle işlemleri ve arızaları, donanım ve teçhizat arızaları, iletişim ve bilgi hataları gibi operasyonel hataları sebep olmaktadır[2].

Tablo-1: Elektrik Kesintilerin Sebepleri[2]

KESİNTİNİN SEBEPLERİ	AÇIKLAMA
Teknik	İletken Hatası, Trafo Hatası, Açma Sinyali, Kısa Devre Arızası, Kesici Arızası ve Diğer Arızalanan Teçhizatlar
Hava Koşulları	Kar Fırtınası, Tropikal Fırtınalar, Yoğun Yağmur Yağışı, Yıldırım Düşmesi, Şiddetli Rüzgâr, Güneş Fırtınası, Aşırı Sıcaklar
Doğal afetler	Deprem, Çığ, Gel Git Dalgaları, Heyelan Ve Kasırga
Kapasite	Talep Fazlası ve Sistem Aşırı Yüklenmesi
Bakım	Bakım Eksikliği
Hayvan	Yılan, Kedi, Rakun, Kuş
İnsan	Operatör Hatası, İletken ve Ekipman Kesilmesi Ya da Çalınması
Ağaç	Devrilen Ağaç ve Uzayan Ağaç Dalları
Kaza	Yangın, Kamyon Ya da Vinç Çarpması, Trafik kazası, Kesilen Ağaç Dallarının İletken Üzerine Düşmesi
Kesilme	Elektrik Üretiminde Kullanılan Hammaddenin Temin Edilememesi
Bilinmeyen	Kayıtlara Geçmeyen Diğer Kesinti Sebepleri

Amerika’da 1984 ile 2006 yılları arasında yaşanan 15 büyük elektrik kesintisi üzerine bir çalışma yapılmış ve bu çalışma

sonucunda kesintilerin ne sebeple yaşandığı ve oranları aşağıdaki Tablo-2’de verilmiştir.



Şekil-1: Kesintiyi Neden Olan Unsurların Birbiri İle Olan İlişkisi[3]

Tablo-2: Elektrik kesintisinin sebeplerinin oranı[4]

Kesintinin Sebebi	Toplam kesinti içindeki %'si	Etkilediği Güç MW
Rüzgar/Yağmur	31,4	679
Teçhizat Hatası	19,9	767
Buz fırtınası	11,1	1.664
Hortum yada Tropik Fırtına	10,1	2.684
Yıldırım Düşmesi	8,8	794
Operatör Hatası	8,5	1.226
Yangın	5,6	972
Gerilim Düşümü	3,9	437
Deprem	1,6	1.124
Kasıtlı(Sabotaj)	0,7	2.154
Diğerleri	--	----

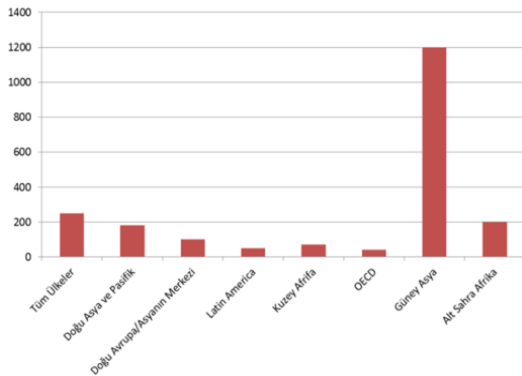
Yapılan istatistik çalışmalarında kesintiye sebepe olan en önemli sebebin kötü hava koşulları olduğu ortaya çıkmaktadır. Onu takiben teçhizat arızası olduğu görülmektedir.

Tablo-3: ABD’den yaşanan kesintilerin sebepleri[4]

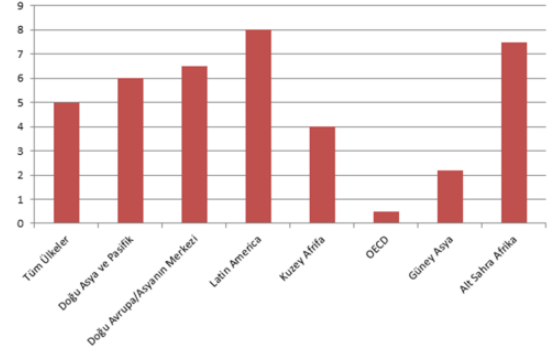
Tarih	Yer	Kesinti Sebebi
14 Aus. 2003	Doęu ABD ve Kanada	Zincirleme kaskat hatası
13 Mrt. 1989	New York	Güneş parlaması ve kaskat hatası
18 Nis.1988	Doęu ABD ve Kanada	Buz fırtınası
10 Aęus. 1996	Batı Amerika	Zincirleme kaskat Hatası
18 Eyl. 2003	Güneybatı ABD	Kasırğa
23 Ksm 2005	Güneybatı ABD	Kasırğa
27 Eyl 1985	Güneybatı ABD	Kasırğa
29 Aęus 2005	Güneybatı ABD	Kasırğa
29 řbt 1984	Batı ABD	Zincirleme kaskat hatası
4 Ara 2002	Güneybatı ABD	Buz, yağmur ve fırtına
10 Ekm 1993	Batı ABD	Zincirleme kaskat hatası
14 Ara. 2002	Batı ABD	Fırtına
4 Eyl. 2004	Güneybatı ABD	Kasırğa
25 Eyl. 2004	Güneybatı ABD	Kasırğa
14 Eyl. 1999	Güneybatı ABD	Kasırğa

3. KESİNTİLERİN ÜLKELERE GÖRE DAĞILIMI

Elektrik kesintilerinin bir yıl içerisindeki sayısının ülkelere göre dağılımı ile yaşanan kesintilerin sürelerini ülkelere göre dağılımı aşağıdaki grafikte görülmektedir. Şekil-2’de de görüleceğı üzere en yüksek kesinti sayısı güney Asya ülkeleri olan Afganistan, Pakistan, Bangladeş, Nepal gibi az gelişmiş ülkelerde yaşanmaktadır. Özellikle OECD ve Avrupa ülkelerinde yaşanan kesintiler tüm ülkelerde yaşanan kesintilerin ortalamasında daha azdır. Şekil-3 ise yaşanan kesintilerin ortalama süresi gösterilmiştir. Özellikle OECD ülkelerindeki kesintilerin sürelerinin azlığı dikkat çekmektedir.



Şekil-2. Ortalama yıllık kesinti Sayısı [3]



Şekil-3. Her bir kesintinin ortalama süresi[3]

4. BÜYÜK ELEKTRİK KESİNTİLERİ

Bu bölümde dünya çapında yaşanmış büyük olarak nitelendirilen bazı elektrik kesintilerinin sebepleri, sırasından yaşana olaylar, sonuçları, etkilerinin büyüklüğü ve kayıplar ele alınmıştır.

4.1 1965 Yılı Kuzeydoğu ABD Çöküntüsü

İlk olarak Sir Adam Beck hidroelektrik santralinden Ontario’ya olan 5 adet 230 KV’luk iletim hattından bir tanesinin kesicisine ait rölenin geçici bir aşırı yüklenme anında açması olarak tespit edilmiştir. Kesiciyi kumanda eden bir yardımcı koruma rölesinin ayar düzeyinin üzerinde yüklenmesiyle, normal biçimde çalışarak arızasız bir hattı açmış, ondaki yükü devralan dört başka hat da aşırı yüklenerek hattı açtığı tespit edilmiştir[6].

Bunun ardından açmalar, bir zincirleme reaksiyon şeklini almış ve 12 dakika gibi kısa bir süre içinde, 200.000 km²’lik bir alanda yaşayan Kuzey Amerika’nın kuzey doğusunda 30 milyon insan elektriksiz kalmıştır. 80.000 mil kare alanlık bir alan elektriksiz kalmış olup, enerjinin tekrar verilmesi bazı yerlerde birkaç dakika olup, bazı yerlerde ise 13 saat civarından olmuştur[5-6-7]. Bu süre içerisinde çıkan kargaşa ve olaylarda 96 kişi tutuklanmıştır. Kesinti ile metro sistemin en yoğun olduğu zamanda ve 600 trenin çalıştığı anda meydana gelmiş olup 600.000 kişi metrolarda mahsur kaldığı, 10.000 kişi gece

yarısına kadar metro istasyonlarından mahsur kaldığı ve Williamsburg köprüsü üzerindeki trende 5 saat mahsur kaldığı rapor edilmiştir.

Yaklaşık olarak 250 uçuş ya iptal edildi ya da diğer havalimanlarına aktarıldığı ve 240 adet acil iniş yapıldığı kaydedilmiştir. [5-8]. 855 adet hastane enerjisiz kaldığı, ancak tüm hastanelerin yedek güç üniteleri var olduğundan, bu kesintilerden dolayı herhangi hastane ölüm meydana gelmemiştir. Radyo istasyonlarının yarısına yakını kendi güç üniteleri üzerinden yayın yapmaya devam ederek, pilli ya da otomobil radyoları üzerinden halka kesinti hakkında bilgi verilmiştir. Telefon iletişimi çok kısa bir süreli kesintinin ardından kendi güç üniteleri üzerinden çalışmaya devam etmiştir. Ancak çok yüksek bir telefon konuşması talebi olduğu için kesintiler yaşanmıştır. Kesinti ile su ve kanalizasyon pompalarının da çalışmasına engel oldu ve gece yarısına kadar, sistem çalışmamıştır. Trafik ışıklarının çalışmaması sonucu, trafik sıkışıklığı yaşanmış olup, polis ve itfaiye normal iletişim yöntemleri yerine acil durum iletişim kanallarını kullanmak zorunda kalmıştır. Ekonomik kaybın ise 100 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. 20.000 MW'lık bir yük kesintiye uğramıştır[5].

4.2 18 Mart 1978 Tayland Çöküntüsü

Tek bir jeneratör arızası olarak başlayan ve zincirleme şekilde devam eden arızalardan kaynaklanan kesintiden 40 milyon insan etkilenmiştir. 1.336 MW'lık yük enerjisiz kalmıştır. Sisteme tekrar enerjinin verilmesi yaklaşık 9,5 saat sürmüştür[9].

4.3 13 Mart 1989 Kanada Çöküntüsü

Fırtına sonucu indüklenen tellür akıntılarının harmonik gerilim ve akımlarının artmasına sebep olmuştur. Meydana gelen bu DC bileşen 735 kV'luk iletim hattında gerilim asimetrisinde yaklaşık %15'lik bir artışa sebep

olmuştur[13]. Bir dakikadan daha az bir sürede, La Granda ağında bulunan 7 adet statik kompensatörler birbiri ardına devreden çıkmasıyla, 0,2 p.u'lık bir gerilim düşüşü meydana gelmiş ve sistem, bir arıza varmış gibi algılayıp, sistem senkronizasyonunu kaybederek devreden çıkmıştır[12-13].

Bu alt şebekenin devreden çıkmasıyla 9.450 MW'lık bir üretimin devreden çıkmasıyla yük tarafından frekans düşmesine sebep olmuştur. Düşük gerilim oluşmasıyla yük atma işlemi düzgün yapılmadığından 25 saniye içinde sistem çöküşü meydana gelmiştir[4-11]. Toplamda 21.000 MW'lık elektrik santralinin devreden çıkması sonucu 9 saat süren bir kesinti, meydana gelmiştir. Kesintiden yaklaşık 6 milyon insan etkilenmiştir[10].

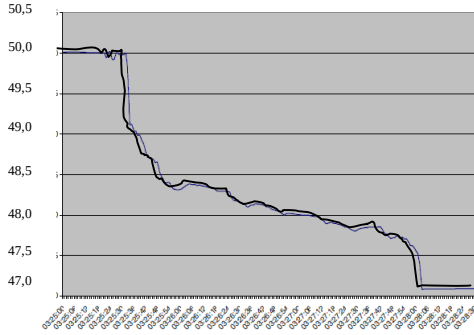
4.4 2 Ocak 2001 Hindistan Çöküntüsü

Uttar Pradesh kentindeki trafo arızası ile başlamış olan kesinti 226 milyon kişi etkilenmiş ve 16 saat sürmüştür. Yaklaşık ekonomik kaybın ise yaklaşık 110 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir [14]. Hastanelerdeki jeneratörlerin çalışmasıyla hastane çalışmalarına devam etmiş ancak önemli ve ertelenebilen tüm operasyon ve ameliyatlar ertelenmiştir[15].

Yer altı su temininde kullanılan pompa ve arıtma istasyonlarında kullanılan pompalar devre dışı kalmıştır. Özellikle ülkenin kuzeyinde yer alan raylı taşımacılık sistemi durmuş, 80 den fazla treninin 15 saat boyunca çalışmaması sonucu insanlar mahsur kalmış ve kaos meydana gelmiştir. Kalabalık ve büyük şehirlerde trafik ışıklarının çalışmaması sonucu trafik durmuştur. Şebeke ve mobil telefon hizmetleri ciddi anlamda etkilenmiştir. Havaalanlarındaki jeneratörlerin devreye girmesiyle pistler aydınlatılmış uçuş trafiği çok fazla aksamaması sağlanmasına rağmen havaalanındaki geri kalan kısımlara enerji verilememiş ve uçuş rezervasyonlarının birçoğu yapılamamıştır[3].

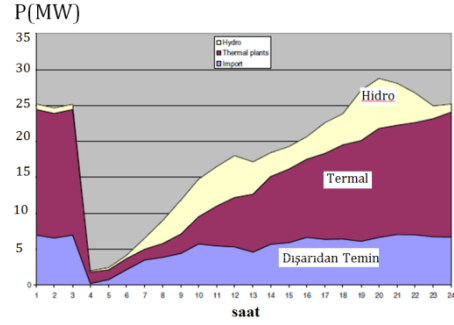
4.5 28 Eylül 2003 İtalya Çöküntüsü

Yaşanan kesintinin başlangıç olayı olarak aşırı yüklenme sonucu enerji akışışı sağlayan iletkenlerin aşırı ısınması ve buna bağlı olarak uzaması sonucu iletken hat boyunca sarkmaların meydana gelmiştir. Bu sebeple iletken altında bulunan ağaç dallarına, toprak teması ya da iletkenlerin birbirine değmesi sonucu oluşan ark ve kısa devre ile başlayan olaylar zincirlemesi şeklinde oluşmuştur. Sistem otomatik yük atma işlemini gerçekleştiremediği için, güç dengesi sağlanamamış, frekans senkronizasyonu sağlanamadığından sistem çökmüştür[16].



Şekil-4. İtalya'daki kesintide yaşanan frekans değişimi[16]

Söz konusu kesinti sonrası sistem tekrar enerjilendirilmesi yaklaşık 13,5 saat civarından olmuştur. Kesinti 245 adet trafo merkezini etkilemiş ve 3.600'dan fazla iletim hattında açma kapama işlemi meydana gelmiştir. Sistemin çökmesiyle 177 GWh'lık bir elektrik enerjisinin tüketimine engel olmuş olup, 19.000 MW'lık bir yükün beslenemediği ve 80.000'den fazla olay kaydı tutulmuştur. Kesintiden yaklaşık 56 milyon insan etkilenmiş ve 4 kişi ölmüştür[1-3].

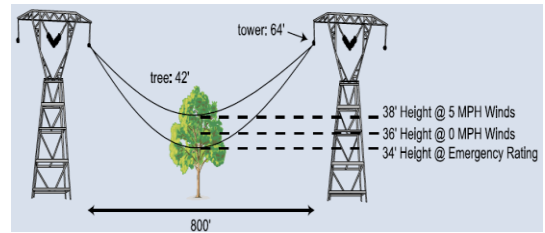


Şekil-5. Kesinti sonrası enerji temininin kaynaklar göre değişimi[20]

4.6 14-15 Ağustos 2003 Kuzeydoğu A.B.D. ve Kanada Çöküntüsü

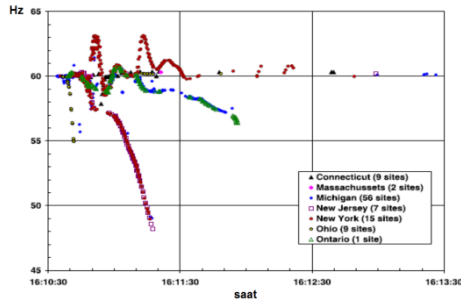
Söz konusu kesintinin maliyeti Amerika için 4 milyon ile 10 milyon dolar arasından değişmekte olup, Kanada için ise bu maliyet 1 milyon Kanada doları olarak tahmin edilmektedir. Kesintiden yaklaşık 50 milyon insan etkilenmiştir. 61.800 MW'lık bir yükü besleyen sistem çökmüştür bu rakam yaklaşık toplam gücün %11'ine denk gelmektedir[17-19]. 260 adet elektrik üretim tesisi ve 531 jeneratör ünitesi devre dışı kalmıştır. 29 saat süren bu kesintinin ana sebebinin yetersiz reaktif güç olduğu ve buna bağlı olarak gerilim kararsızlığı oldu belirtilmiştir[18]. Yaz mevsimi boyunca klimaların kullanımındaki artışa karşın, reaktif güç rezervlerinin ve yönetiminin yersizliğinden kaynaklandığı dolaylı olarak kesintiye sebep verdiği söylenmektedir. Bazı kaynaklarda ise kesintinin 3 ana sebebinin olduğu belirtilmektedir.

- Durumun farkındalığının yetersiz olması
- Ağaç dallarının kesiminin yetersiz olması
- 3 yetersiz arıza destek sisteminin olması



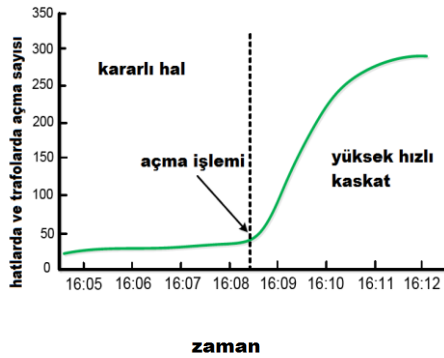
Şekil-6. İletim hattı salınımının değişimin etkisi[17]

Şekil-6'da sıcak ve rüzgârlı hava koşullarının bakımsız ağaç dalları ile olan ilişkisi gösterilmiştir. Özellikle bahar ve yaz aylarına ağaç dallarının uzaması ve elektriksel yüklerin artmasıyla iletkenlerde ısınmaların olması iletim hatları ile ağaç dalları arasındaki güvenlik mesafesini azalmasına sebep olmuştur. Buna ilave rüzgâr gücünün de gelmesiyle iletkenlerin birbirine ve ağaçlara değmesi olasılığı artmıştır.



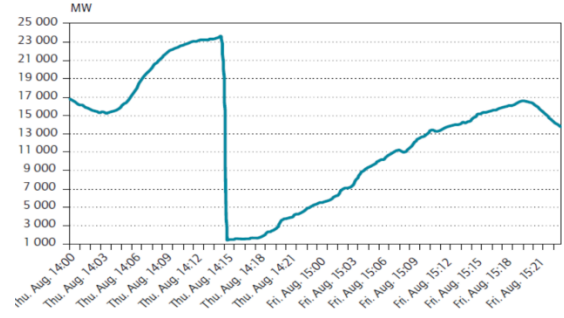
Şekil-7. kesinti sürecinde bölgelere göre frekansın değişimi[17]

Yukarıdaki grafikte kesinti sırasında farklı bölgelerdeki frekansın nasıl değiştiği gösterilmiştir. Yaşanan bu kesintide 263 elektrik üretim merkezi 531 jeneratör devre dışı kalmıştır.



Şekil-8: Kuzey Amerika Kesintisi Açma işleminin zaman Göre Değişimi[14]

Yukarıda verilen Şekil-8'de sistem çökmesi sırasında iki dakika içinde yaklaşık 200 adet hattın açıldığı görülmektedir.



Şekil-9. Yükün zamana göre değişimi[7]

Yukarıdaki grafikte sistemin çökme ve tekrar ayağa kalkma süreci görülmektedir.

4.8 18 Ağustos 2005 Java, Bali ve Endonezya Çöküntüsü

Birbirine bağlı Java, Bali ve Madura hatlarının besleyen sistemde bulunan 6'sı batında, 2'si doğusundan bulunan adet elektrik üretim tesisinin arızalanıp, birbirini etkilemesiyle ortaya çıkan Teknik bir arızadan kaynaklandığı bilinen kesintiden yaklaşık 100 milyon insan etkilenmiştir. Sistemin beslediği bölge 7 saat boyunca elektriksiz kalmıştır[3-21].

4.9 4 Kasım 2006 Almanya, Fransa, İtalya, İspanya Çöküntüsü

Aşırı yüklenmenin meydana gelmesi ve sistem operatörlerinin koordinasyon hatası sonucu meydana gelmiştir. Yarım saat ile 1,5 saat arasında kesintinin yaşandığı Avrupa'da, 15 milyon insan etkilenmiş 14,5 GW'lık bir yük beslenememiştir. Fransa'daki 5 milyon insanın elektriği kesilmiş olup, Almanya'da ise yaklaşık 100 trenin seferlerinde gecikmeler olmuştur. Tüm metrolar tahliye edilmek zorunda kalmıştır. Restoran, bar ve satış yerlerindeki bozulma ürünlerin toplam maliyet, ise yaklaşık 139 milyon dolar olarak belirlenmiştir[3-14].

TEİAŞ'ın 2011 yılında yayınlanan stratejik planında 2006 yılından meydana gelen arıza ile ilgili "4 Kasım 2006 tarihinde meydana gelen arızanın yayılması sonucunda

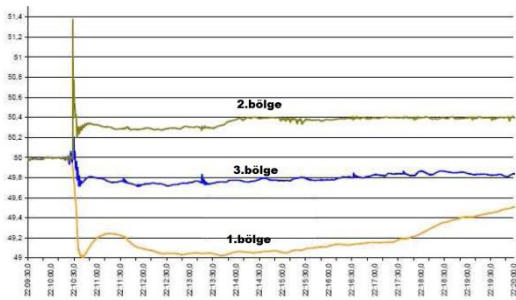
ENTSO-E(Avrupa elektrik şebekesi) sistemi üç parçaya bölünmüş, sistemde geniş bir bölgede sistem çökmesi ve kesintiler yaşanmıştır. Ana nedenin bir ENTSO-E İletim Sistemi İşletmecisinin manevra izni vermeden önce sistem güvenilirlik analizleri simülasyonunu yapmamış olması olarak belirlenmesine rağmen sistemdeki eski teknolojiye sahip rüzgâr türbinlerinin arızanın yayılmasına katkıda bulunduğu belirtilmektedir.” ifadeleri yer almaktadır[22].

Şekil-10’da sistem kesintisi oluşurken bölgelere göre frekansın durumunu göstermektedir.



Şekil-10. Bölgelere göre frekans durumu [23]

Şekil-11’de ise yukarıda gösterilen Şekil-10 yeralan bölgelerin frekans değişimleri gösterilmiştir. Kesintinin başlamasıyla kimi bölgeler 50 Hz olan şebeke frekansının altında kimi bölgeler ise 50 Hz’in üstüne çıkmaya başlamıştır.



Şekil-11. Zamana göre bölgelerdeki frekans[24]

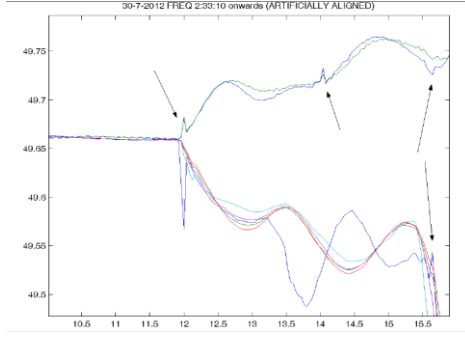
4.10 10-11 Kasım 2009 Brezilya ve Paraguay Çöküntüsü

Brezilya’nın elektrik üretiminin %82,7 Si hidroelektrik santrallerden edilmektedir. Dünyanın en büyük ikinci hidroelektrik santrali Itaipu Barajı, ülke elektriğinin %20 sağlamaktadır. Şiddetli yağmur ve rüzgâr sebebi ile 3 adet transformatörün kısa devre yapması sonucu devreden çıkmış Rio De Janerio, Sao Paulo gibi büyük yerleşim yerlerinin etkilendiği bu kesintide hava ve kara trafiğinde ciddi aksamlar meydana gelmiştir. Brezilya’da çok yaygın olan suç örgütü ve çetelerin söz konusu kesintiden faydalanabilecekleri sebebi ile tüm güvenlik güçleri seferber edilmiştir[25]. Brezilya’da telefon ağı çökmüş olmasına karşın mobil telefon ağı çalışmaya devam etmiştir.

Kesintinin yaşandığı söz konusu hidroelektrik santrali aynı zamanda Paraguay’ı da beslediğinden, bu ülkede de elektrik kesintisi yaşanmış ve toplamda 87 milyon insan etkilenmiştir. Paraguay’da sistemin tekrar enerjilendirilip ayağa kalkması 20 dakika civarından olmuştur[3].

4.11 30-31 Temmuz 2012 Hindistan Çöküntüsü

İki ayrı zamanda gerçekleşen bu kesitiler ilki 30 Temmuz 2012’de ve diğeri ertesi gün 31 Temmuz’da olmuştur. Kesintilerden ilki Bina-Gwalior 400kV’luk hatlarından biri aşırı yüklenmesi sorucu hattın korumaya geçip güç dalgalanması sonucu ile başlayan ve 220 kV’luk ve 132 kV’luk hatları tetiklemesi sonucu, bağlı bulunan birçok hattın devre dışı kalmıştır. Sistemin tekrar devreye girmesi 16 saat almıştır. Aşağıdaki Şekil-12’de kesinti esnasında frekansın nasıl değiştiği görülmektedir[26].



Şekil-12. Zamana göre bölgelerdeki frekans [26]

Diğer kesinti ise Bina-Gwalior-Agra şehirlerinin bulunduğu bölgenin aşırı yüklenmesi sonucu, 400 kV olan gerilim seviyesinin Bina bölgesinde 362 kV'a düştüğü görülmüş ve aşırı yüklenme sonucu mesafe rölesi ile kuzey ve batı bölgeleri birbirinden ayrılmıştır. Söz konusu yükün ayrılmasıyla güç dalgalanması yaşanmış ve ada konumuna geçmiş ve enerjili bölgede gerilim yükselmesi meydana gelmiştir. Oluşan bu yüksek gerilim sebebi sonucu yüksek frekandan dolayı generatör açmaları meydana gelmiş ve ada durumundaki birkaç küçük bölge elektriksel olarak ayakta kalmasına rağmen bölgenin büyük bir kısmında çökme meydana gelmiştir. Sisteme tekrar elektrik verilmesi 2 ile 8 saat arasında bölgeleri göre farklılık göstermiştir.

Bahsi geçen 2 günlük kesinti 670 milyon insanı etkilemiş olduğu bu kesintilerde metrolar, fabrikalar, şehir yaşamını etkilemesini yansırı buna bağlı olarak su kesintisi de yaşanmıştır. Trafik sinyalizasyonun çalışmaması sebebi ile taşımacılık özellikle demiryolu taşımacılığından ciddi sıkıntılar meydana geldi. Ayrıca birçok madenlerde çalışan insan, yeraltından mahsur kaldı ve havalandırmaların çalışmaması sebebi ile yaşama riski altından kaldılar[21].

5. ELEKTRİK KESİNTİSİNİN MALİYETİ

Yapılan araştırmaya göre Amerika'da 2008 yılı için sektörlere göre elektrik kesintisinin süresinde göre tahmini bedelleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmaya kullanıcıları ticari olanlar yıllık tüketimi 50.000 kWh üstüne ve altında olanlar ile evsel kullanıcıları olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır.

Yıllık tüketimin 50.000 kW'ın üstünde olan ticari ve endüstriyel kullanıcılarda anlık kesintinin maliyeti 2008 yılından 2013 yılına gelindiğinde artış göstermiş olmasına rağmen, diğer sürelerde yaşanan kesinti maliyetlerinde düşüş olmuştur. Buna karşın evsel kullanıcıların kesintilerde oluşan maliyetleri ise tüm kesinti sürelerinde 2008 yılına nazaran artış göstermiştir.

Tablo-4. 2008 Yılı İçin Tahmini Kesintinin Tüketicilere Maliyeti[27]

Kesinti Maliyeti	Kesinti Süresi				
	Anlık	30 dk.	1 saat	4 saat	8 saat
Orta ve Büyük İşletmeler	11.756\$	15.709 \$	20.360\$	59.188\$	93.890\$
Küçük İşletmeler	439\$	610\$	818\$	2.696\$	4.768\$
Evsel Kullanım	2,7\$	3,3\$	3,9\$	7,8\$	10,7\$

Tablo-5. 2013 Yılı İçin Tahmini Kesintinin Tüketicilere Maliyeti[28]

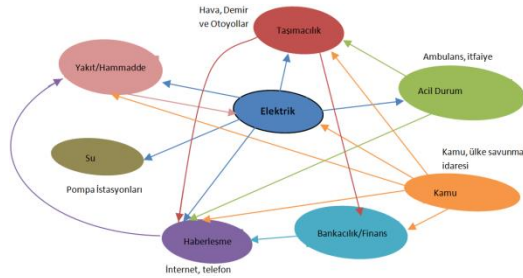
Kesinti Maliyeti	Kesinti Süresi				
	Anlık	30 dk.	1 saat	4 saat	8 saat
Orta ve Büyük İşletmeler	12.952\$	15.241 \$	17.804\$	39.458\$	84.083\$
Küçük İşletmeler	412\$	520\$	647\$	1.880\$	4.690\$
Evsel Kullanım	3.9\$	4.5\$	5.1\$	9.5\$	17.2\$

Tablo-6. 2008 yılı için tahmini kesintinin sektörlere maliyeti [27]

Kesinti Maliyeti	Kesinti Süresi				
	Anlık	30 dk.	1 saat	4 saat	8 saat
Orta ve Büyük İşletmeler					
Tarım	4.382\$	6.044\$	8.049\$	25.628\$	41.250\$
Madencilik	9.874\$	12.883\$	16.366\$	44.708\$	70.281\$
İnşaat	27.048	36.097\$	46.733\$	135.383\$	214.644\$
Üretim	22.106\$	29.098\$	37.238\$	104.019\$	164.033\$
Telekomünikasyon	11.243\$	15.249\$	20.015\$	60.663\$	96.857\$
Ticaret ve perakende	7.625\$	10.113\$	13.025\$	37.112\$	58.694\$
Finans	17.451\$	23.573\$	30.834\$	92.375\$	147.219\$
Kamu yönetimi	9.360\$	12.670\$	16.601\$	50.022\$	79.793\$
Küçük İşletmeler					
Tarım	293\$	434\$	615\$	2.521\$	4.868\$
Madencilik	935\$	1.285\$	1.707\$	5.424\$	9.465\$
İnşaat	1.052\$	1.436\$	1.895\$	5.881\$	10.177\$
Üretim	609\$	836\$	1.110\$	3.515\$	6.127\$
Telekomünikasyon	583\$	810\$	1.085\$	3.560\$	6.286\$
Ticaret ve perakende	420\$	575\$	760\$	2.383\$	4.138\$
Finans	597\$	831\$	1.115\$	3.685\$	6.525\$
Kamu yönetimi	230\$	332\$	461\$	1.724\$	3.205\$

Sektörler incelemediğinde en yüksek maliyetin inşaat sektöründe olduğu, en düşük maliyetin ise tarım sektöründe olduğu görülmektedir.

Şekil-13'de elektrik enerjisinin diğer alt yapı sistemleri ile olan ilişkisi yer almaktadır.



Şekil- 13. Elektrik ile sektörler arasındaki ilişki[29]

6. ÜLKEMİZDE YAŞANAN ELEKTRİK KESİNTİLERİ

Son yıllarda yaşanan en büyük elektrik kesintilerinden birisi 2006 yılında yaşanmıştır. Bursa Doğalgaz Çevrim Santrali'nde meydana gelen teknik bir arıza sebebiyle başta İstanbul'un Anadolu yakası ve İzmir olmak üzere Ege ve Akdeniz ile Marmara bölgelerindeki 13 kent enerjisiz kalmıştır. Kesinti yaklaşık olarak 6 saat sürmüştür.

Bir diğer büyük elektrik kesintisi ise çok güncel olan 31 Mart 2015 tarihinde

yaşanılan kesitidir. Saat 10:35 oluşan kesintinin oluş sebebi net olarak bilinmemekle beraber, 79 ilde ve 5,5 ile 8 saat arasında süren kesintisinin yaşandığı medyada yer almıştır. Oluşan kesintiye ait veriler henüz oluşmadığından etkisi ve sonuçları ilerleyen dönemlerde ortaya çıkacaktır. Mevcut durum itibarı ile ekonomik olarak etkilerinden ancak tahmini olarak bahsedebilmek mümkündür.

Konu ile ilgili basında yer alan haberlerde Ankara Sanayi Odası (ASO) Başkanı Nurettin Özdebir, elektrik kesintilerinin maliyetine ilişkin değerlendirmede bulundu. Milliyet'te yer alan habere göre Özdebir, bugün TÜİK'in 2014 yılına ilişkin Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) sonuçlarını açıkladığını belirterek, "Türkiye'nin bir yıllık milli gelir üretimi 800 milyar dolar. Bunu 365 güne bölelim (ki tatil günlerini çıkarmamız gerekir ama çıkarmayalım), günlük üretimi 2.2 milyar dolar oluyor. Böylece elektrik kesintisi nedeniyle 1 saatte Türkiye'nin yaşadığı üretim kaybı yaklaşık 100 milyon dolar oluyor" ifadeleri bulunmaktadır. Söz konusu rakamlar tahmini olmakla birlikte kesintinin ne derece büyük olduğu ortaya koymaktadır.

Organize sanayi bölgeleri üst kuruluş başkanı Cahit Nakıboğlu yurt genelinde 289 OSB'de üretimin durduğunu, yine büyük zarara dair birkaç örnek vermek gerekirse İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi'nde kesintilerin yol açtığı kayıp 3 milyon dolar bulunduğunu belirtmiştir.

Türkiye Giyim Sanayicileri Derneği Başkanı Şeref Fayat'da büyük elektrik kesintisi nedeni ile hazır giyim sektörünün kaybının yaklaşık 7 milyon dolara tekabül ettiğini bildirmiştir. Bu zarar tüm tekstil sektöründe 200 milyon doları bulmaktadır.

Otomotiv sektöründe ise fabrikalarda üretimin bir vardiya boyunca durduğu bunun 2000 araç kaybı anlamına geldiğini, kesintinin yaşandığı sırada üretim bandında

olan araçların hurdaya çıktığı ve bunlarında eklendiğinde otomotiv sektöründeki kaybın 2500 araçlık üretim zararı olarak hesaplandığı basında yer almıştır.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada uluslara arası düzeyde geçmişten günümü yaşanan büyük elektrik kesintileri ele alınmış ve kesintinin günlük hayattaki etkisi, yaşanan sıkıntılar, hayatın hangi alanda ne kadar etkisi ve aksaklığı yol açtığı ele alınmıştır. Bu çalışma yapılırken gelişmiş ülkelerde meydana gelen elektrik kesintisine ait verilere daha kolay ulaşılabilirliği hatta her bir kesintiye ait senaryoların oluşturulduğu, yaşanan tüm açma, kapama, alarm, ikaz ve tüm verilere ait ölçümlerin yer aldığı görülmüştür. Elde edilen bu verilerle çökmenin nasıl oluştuğu anlaşılıp, burdan elde edilen tecrübe ile olası diğer çökmelere karşı tedbirler geliştirilmiştir. Elektrik çökmelerine karşı alınacak tedbirler ile olası çökme durumunda sistemin terar ayağa kaldırılması gibi hayati öneme sahip hususların ancak uygulanacak adımlara ait planın ve stratejisinin belirtilmesi için ile an az kayıp ile atlatılabilir.

Elektrik sisteminin kesintisiz ve güvenli olması için aşağıda belirtilen unsurların yerine getirilmesi gerekmektedir.

- Üretim ve tüketim dengesinin sürekliliği sağlanmalı,
- Gerilimin korunabilmesi için yeterli reaktif güç teminin sağlanmalı,
- Operatörler iletim hatlarındaki termal sınırların aşılmasına engel olunması
- Kararlı sistemin korunmasının sağlanması,
- Herhangi hata olsa bile üretim tesisleri ve iletim hatları N-1 kriterine göre sistemin çalışması devam ettirilmeli,
- Sistem güvenli bir şekilde planlanmalı,tasarlanmalı ve bakımı yapılmalı,
- Acil durumlar için hazırlıklı olunmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Dutzik, T. and Sargent, R. 2003, After the blackout: Achieving a Cleaner, More Reliable Electric System, Boston MA: National Association of State PIRGS., 2003
- [2]William Yu and Michael G. Pollitt,” Does Liberalisation Cause More Electricity Blackouts? Evidence from a Global Study of Newspaper Reports” EPRG Working Paper 0827 Cambridge Working Paper in Economics 0911, March 2009
- [3]Bruch M., Münch V., Aichinger M., Kuhn M., Weymann M.,Schmid G., Power Blackout Risks Risk Management Options Emerging Risk Initiative – Position Paper, CRO Forum, November 2011
- [4]Hines P.,Apt J., Talukdar S., Large Blackouts in North America: Historical Trends and Policy Implications, Carnegie Mellon Electricity Industry Center Working Paper CEIC, 2009
- [5]Park H., The Social Structure of Large Scale Blackouts Changing Environment, Institutional Imbalance, and Unresponsive Organizations PhD Thesis, the State University of New Jersey, October, 2010
- [6]Sulzberger, C., History-When The Lights Went Out Remembering 9 November 1965, Power and Energy Magazine, IEEE (Volume:4 , Issue: 5), Page 90 – 95, Sept.-Oct. 2006
- [7]Learning From The Blackouts Transmission System Security in Competitive Electricity Markets, Internati onal Energy Agency, 2005
- [8]Report to The President by The Federal Power Commission On The Power

- failure In The Northeastern United States And The Province of Ontario on November 9-10, 1965
- [9]Special Meeting of Hapua Working Group 2 Transmission: System Operations Project Manila, Philippines, April 26-27, 2007
- [10]Su Sheng, Wang Yingkun, Long Yuyi, Li Yong, Jiang Yu, Cyber Attack Impact On Power System Blackout, 2009
- [11]Paul Hines, Jay Apt Sarosh Talukdar, Large Blackouts in North America: Historical Trends And Policy Implications, Energy Policy 37, 2009
- [12]H Kirkham, YV Makarov, JE Dagle, JG DeSteese, MA Elizondo, R Diao, Geomagnetic Storms and Long-Term Impacts on Power Systems, Pacific Northwest National Laboratory, United States Department Of Energy, December 2011
- [13]<http://www.nerc.com/files/1989-Quebec-Disturbance.pdf>, Mayis 2015
- [14]Mathaios Panteli, Impact Of Ict Reliability And Situation Awareness ON Power System Blackouts Phd Thesis, The University of Manchester, 2013
- [15]David E. Nye, When the Lights Went Out, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, 2010
- [16]Final Report of The Investigation Committee Blackout in Italy, 28 September 2003
- [17]Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations, April 2004, 2013
- [18]G. Andersson, P. Donalek, R. Farmer, N. Hatziaargyriou, I. Kamwa, P. Kundur, N. Martins, J. Paserba, P. Pourbeik, J. Sanchez-Gasca, R. Schulz, A. Stankovic, C. Taylor, and V. Vittal, Causes of the 2003 Major Grid Blackouts in North America and Europe, and Recommended Means to Improve System Dynamic Performance, IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 20, No. 4, November 2005
- [19]Žaneta, Eleschová, Anton, Beláň, Blackout in The Power System, Power System Stability, AT&P Journal PLUS2 2008
- [20]A. Berizzi, The Italian 2003 blackout, Power Engineering Society General Meeting, 2004. IEEE, 1673 - 1679 Vol.2, 10 June 2004
- [21]Ashok Kumar Saini, Benefit-Function of Two-Identical Cold Standby System Subject to Failure Due to Power Outage and Human Errors, International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems, Volume -2, Issue-8, 9 2014
- [22]2011 - 2015 Dönemi Stratejik Plan Kitabı, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 2010
- [23]Chunyan Li, Yuanzhang Sun, Xiangyi Chen, Analyisi of The Blackout in Europe On 4 November 2006, The 8th International Power Engineering Conference, Page :939- 944, 2007
- [24]Xiangyi Chen, Changhong Deng, Yunping Chen, Chunyan Li, Blackout Prevention: Anatomy of The Blackout in Europe, The 8th International Power Engineering Conference, Page :928- 932, 2007
- [25]Emin Gitmez, Brezilya Ülke Raporu, Karacadağ Kalkınma Ajansı, Şanlıurfa Yatırım Destek Ofisi, Ağustos 2013

- [26]Suresh C. Srivastava, Lessons Learnt from Indian Blackout and Future Solutions Sunumu, Indian Institute of Technology Kanpur
- [27]Michael J. Sullivan, Matthew Mercurio, Josh Schellenberg, M.A Freeman, Sullivan, Estimated Value of Service Reliability for Electric Utility Customers in the United States, Energy Analysis Department Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, June 2009
- [28]Michael J. Sullivan, Josh Schellenberg, and Marshall Blundell Nexant, Inc., Updated Value of Service Reliability Estimates for Electric Utility Customers in The United States, Energy Analysis Department Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, January 2015
- [29]Jose M.Yusta, GabrielJ. Correa, Roberto Lacal-Ara'ntegui, Methodologies and Applications for Critical Infrastructure Protection: State-of-The-Art, Energy Policy 39,page: 6100–6119, 2011